

MENU**SEARCH****INDEX****DETAIL****JAPANESE**

1 / 1

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-208998

(43)Date of publication of application : 07.08.1998

(51)Int.CI.

H01L 21/027
 G03F 7/20
 G21K 5/02
 H05H 1/22

(21)Application number : 09-006110

(22)Date of filing : 17.01.1997

(71)Applicant : HITACHI LTD

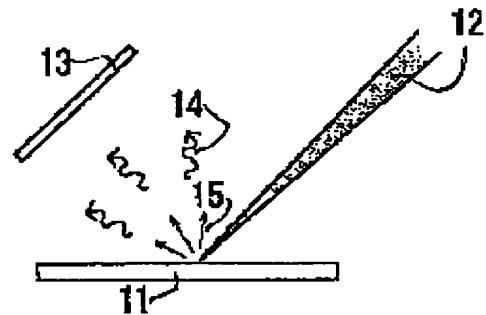
(72)Inventor : YAMANASHI HIROMASA
 ITO MASAAKI
 OIZUMI HIROAKI
 OGAWA TARO
 SEYA HIDEKAZU

(54) LASER PLASMA X-RAY GENERATOR AND METHOD AND DEVICE FOR TRANSFERRING FINE PATTERN USING IT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce the amount of scattered particles generated from the target of a laser plasma X-ray source which is used as a light source by forming the target of a material composed of a plurality of elements containing one or more kinds of metals.

SOLUTION: The fundamental wave 12 of an YAG laser is condensed so that the wave 12 can form a spot on the tape-like target 11 of a laser plasma X-ray source and made incident to the target 11 at an angle of 45° C from the normal line to the surface of the target 11. The target 11 is made of a solid solution of a metal, such as Th, Fe, etc. Consequently, the amount of scattered particles 15 generated together with X rays 14 on an Si wafer 13 can be reduced. Therefore, the running cost of a laser plasma X-ray generator can be reduced to a half, because the replacement interval of an optical element installed on the downstream side of the target 11 can be prolonged ten times as long as the conventional example.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

特開平10-208998

(43)公開日 平成10年(1998)8月7日

(51) Int.C1.⁶

H01L 21/027
G03F 7/20
G21K 5/02
H05H 1/22

識別記号

503

F I

H01L 21/30
G03F 7/20
G21K 5/02
H05H 1/22

531 S
503 X

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全7頁)

(21)出願番号 特願平9-6110

(22)出願日 平成9年(1997)1月17日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 山梨 弘将

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 伊東 昌昭

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 老泉 博昭

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

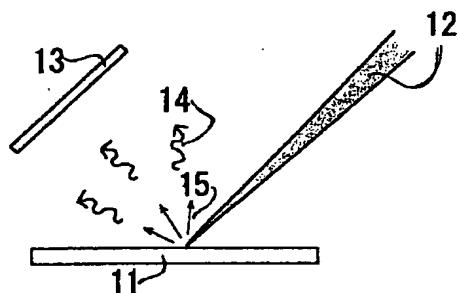
(54)【発明の名称】レーザプラズマX線発生装置とそれを用いた微細パターン転写方法および装置

(57)【要約】

【課題】X線縮小露光の線源として用いられるレーザプラズマX線源において、飛散粒子の光学素子への付着量を低減する。

【解決手段】レーザプラズマX線源となるターゲットをX線変換効率を大きく低下させない範囲で1種類以上の金属を含んだ複数の元素で構成することによってターゲットの融点を大きく上昇させる。

図1



11——ターゲット, 12——レーザー光,
13——スリウエハ, 14——X線,
15——飛散粒子。

【特許請求の範囲】

【請求項1】レーザプラズマから発生するX線領域、極紫外領域あるいは真空紫外領域のビームを照明光学系を介して第一の基板上に照明し、上記第一の基板上に描かれているパターンを結像光学系を介して、第二の基板上に縮小転写させる微細パターン転写方法において、レーザプラズマのターゲット部材が1種類以上の金属を含んだ複数の元素で構成されることを特徴とする微細パターン転写方法。

【請求項2】レーザプラズマから発生するX線領域、極紫外領域あるいは真空紫外領域のビームを照明光学系を介して第一の基板上に照明し、上記第一の基板上に描かれているパターンを結像光学系を介して、第二の基板上に縮小転写させる微細パターン転写装置において、レーザプラズマのターゲット部材が1種類以上の金属を含んだ複数の元素で構成されることを特徴とする微細パターン転写装置。

【請求項3】レーザプラズマから発生するX線領域、極紫外領域あるいは真空紫外領域のビームを照明光学系を介して第一の基板上に照明し、上記第一の基板上に描かれているパターンを結像光学系を介して、第二の基板上に縮小転写させる微細パターン転写方法において、レーザプラズマのターゲット部材が少なくとも1種類以上の金属を含んだ複数の元素で構成され、かつ上記ターゲット部材中に最も多く含まれる金属の成分比が72atomic%未満もしくは76atomic%以上であることを特徴とする微細パターン転写方法。

【請求項4】レーザプラズマから発生するX線領域、極紫外領域あるいは真空紫外領域のビームを照明光学系を介して第一の基板上に照明し、上記第一の基板上に描かれているパターンを結像光学系を介して、第二の基板上に縮小転写させる微細パターン転写装置において、レーザプラズマのターゲット部材が少なくとも1種類以上の金属を含んだ複数の元素で構成され、かつ上記ターゲット部材中に最も多く含まれる金属の成分比が72atomic%未満もしくは76atomic%以上であることを特徴とする微細パターン転写装置。

【請求項5】レーザプラズマから発生するX線領域、極紫外領域あるいは真空紫外領域のビームを照明光学系を介して第一の基板上に照明し、上記第一の基板上に描かれているパターンを結像光学系を介して、第二の基板上に縮小転写させる微細パターン転写方法において、レーザプラズマのターゲット部材が少なくとも1種類以上の金属を含んだ複数の元素からなり、かつ上記ターゲット部材の融点が上記ターゲット部材中で最も成分比の大きい元素の融点より100°C以上高いことを特徴とする微細パターン転写方法。

【請求項6】レーザプラズマから発生するX線領域、極紫外領域あるいは真空紫外領域のビームを照明光学系を介して第一の基板上に照明し、上記第一の基板上に描か

れているパターンを結像光学系を介して、第二の基板上に縮小転写させる微細パターン転写装置において、レーザプラズマのターゲット部材が少なくとも1種類以上の金属を含んだ複数の元素からなり、かつ上記ターゲット部材の融点が上記ターゲット部材中で最も成分比の大きい元素の融点より100°C以上高いことを特徴とする微細パターン転写装置。

【請求項7】レーザプラズマから発生するX線領域、極紫外領域あるいは真空紫外領域のビームを照明光学系を介して第一の基板上に照明し、上記第一の基板上に描かれているパターンを結像光学系を介して、第二の基板上に縮小転写させる微細パターン転写方法において、レーザプラズマのターゲット部材が少なくとも1種類以上の金属を含んだ複数の元素からなり、かつ上記ターゲット部材の飛散粒子量が上記ターゲット部材中で最も成分比の大きい元素をターゲット部材とした場合の飛散粒子量より小さいことを特徴とする微細パターン転写方法。

【請求項8】レーザプラズマから発生するX線領域、極紫外領域あるいは真空紫外領域のビームを照明光学系を介して第一の基板上に照明し、上記第一の基板上に描かれているパターンを結像光学系を介して、第二の基板上に縮小転写させる微細パターン転写装置において、レーザプラズマのターゲット部材が少なくとも1種類以上の金属を含んだ複数の元素からなり、かつ上記ターゲット部材の飛散粒子量が上記ターゲット部材中で最も成分比の大きい元素をターゲット部材とした場合の飛散粒子量より小さいことを特徴とする微細パターン転写方法。

【請求項9】請求項1、3、5に示した微細パターン転写方法、もしくは請求項2、4、6に示した微細パターン転写装置を用いて製作される電子デバイス。

【請求項10】少なくとも1種類以上の金属を含んだ複数の元素で構成されるターゲット部材を具備したことを特徴とするレーザプラズマ線源。

【請求項11】少なくとも1種類以上の金属を含んだ複数の元素で構成され、かつ上記ターゲット部材中に最も多く含まれる金属の成分比が72atomic%未満もしくは76atomic%以上であるターゲット部材を具備したことを特徴とするレーザプラズマ線源。

【請求項12】少なくとも1種類以上の金属を含んだ複数の元素で構成され、かつ上記ターゲット部材の融点が上記ターゲット部材中で最も成分比の大きい元素の融点より100°C以上高いターゲット部材を具備したことを特徴とするレーザプラズマ線源。

【請求項13】少なくとも1種類以上の金属を含んだ複数の元素からなり、かつ上記ターゲット部材の飛散粒子量が上記ターゲット部材中で最も成分比の大きい元素をターゲット部材とした場合の飛散粒子量より小さいターゲット部材を具備したことを特徴とするレーザプラズマ線源。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、X線領域および極紫外領域、真空紫外領域のビームを発生するレーザプラズマ線源およびそれを用いた投影露光方法および装置に関する。

【0002】

$$R = k_1 * \lambda / NA$$

$$DOF = k_2 * \lambda / NA^2$$

ただし k_1 , k_2 は定数である。

【0004】現在、波長 248 nm の KrF エキシマレーザと、NA 0.6 程度のレンズ光学系、位相シフトマスク、多層レジストを用いて、解像度 0.13 μm、焦点深度 1 μm が実現されている。半導体集積回路を高密度化するために、更に高解像度の投影露光方法が要求されている。式(1)から分かるように、NA が大きいほど、あるいは露光波長が短いほど解像度は向上する。しかし NA を大きくすると、式(2)にしたがって焦点深度が低下するので、この方法による高解像度化は限界がある。

【0005】一方、露光波長を数十 nm ないしは數 nm の X 線領域まで短波長化すると、焦点深度 1 μm を確保しながら解像度 0.1 μm 以下を達成することが可能である。しかし X 線では物質の屈折率が極めて 1 に近いので、レンズ型光学系の適用は困難であり、反射型光学系を使用する必要がある。

【0006】近年、屈折率の異なる 2 種類の物質の薄膜を交互に多数積層した多層膜ミラーが実用化され、高反射率の X 線反射が可能となってきた。そこで、多層膜反射光学系を用いる X 線投影露光方法の検討が盛んに行われている。

【0007】従来の X 線縮小露光は、例えばジャーナルオブ バキューム サイエンスアンド テクノロジー (J. Vac. Sci. Technol.) B 12, p 3820 - p 3825 (1994) に記述されている。ここでは、レーザプラズマによって発生した X 線を用いて、マスク上のパターンをウエハ上に転写する X 線縮小露光装置の詳細な構成が開示されている (図 4)。この装置では、レーザプラズマ X 線源 41 から放射される X 線 46 を、コンデンサミラー 47 で反射型マスク 42 に集光させる。マスク 42 は、反射性の多層膜上に非反射性の Ge パターンを形成したものである。反射型マスク 42 上のパターンを、2 枚の球面鏡 43, 44 で構成される結像光学系で 2 回反射させ、基板 45 上に縮小投影させる。

【0008】レーザプラズマのターゲットはテープ状の Au, Cu 等が用いられている。またマスクと反射鏡の反射面は全て Mo/Si 多層膜で形成され、露光波長は約 13 nm である。

【0009】他の X 線投影露光方法が、オーエスエープロシーディングズ オン エクストリーム ウルトラバイオレット リソグラフィー (OSA Proceedings on Ex)

【従来の技術】マスク上に描かれた半導体集積回路等のパターンをウエハ上に転写する投影露光においては、解像度と焦点深度が重要である。一般に、結像光学系の開口数を NA 、露光波長を λ とすると、解像度 R と焦点深度 DOF は次式で与えられる。

【0003】

… (1)

… (2)

treme Ultraviolet Lithography,) Vol. 23, p 109 (1994) に開示されている。ここでは、レーザプラズマのターゲットに W のロッドが用いられており、マスクによって反射された X 線は 2 枚の反射鏡からなる結像光学系において 4 回反射されることによってウエハ上に縮小転写される。露光波長は同様に約 13 nm である。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】X 線投影露光の光源としてはレーザプラズマ X 線源が候補として挙げられる。固体などへの高出力の短パルスレーザを微小径に集光することによって、高温、高密度のプラズマが生成され、プラズマ中の自由電子によるイオンの励起により軟 X 線が発生する。レーザプラズマ X 線源によって発生する軟 X 線領域の X 線は束縛-束縛遷移によるものが主で、そのスペクトル形状はターゲットを構成する元素の原子番号によって決定することができる。

【0011】X 線縮小露光の場合、直入射で高反射率が得られる反射波長が 13 nm であるため、この波長付近で高い変換効率と広いバンド幅を有するターゲット材料を選択すれば良い。このようなスペクトル特性を持つ材料は理論的に求めることが可能で、X 線縮小露光に適当なターゲット材料の一つとして Sn が挙げられている (アプライド オプティクス (Appl. Opt.) 32, 6897 (1993))。

【0012】レーザプラズマ X 線源の課題の一つとして、プラズマ及びプラズマ近傍のターゲットから X 線と同時に発生する飛散粒子 (debris) の低減がある。光学素子の表面へ飛散粒子が付着することによって、反射率の低下が引き起こされる。

【0013】飛散粒子の付着を防止する方法としては、バッファガスを真空容器内に導入する方法がある。この方法によれば、ガスによる飛散粒子の散乱によって光学素子への付着量は減少するが、X 線がバッファガスにより吸収され、X 線縮小露光のスループットが低下してしまう。また、ある質量以上のクラスタや液滴 (droplet) の発生に対しては効果がない等の問題点がある。以上のことから、X 線縮小露光方法で使用するレーザプラズマ X 線源の debris 低減に関しては、従来技術のレベルは不十分であった。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記課題は、X 線および

真空紫外領域のビームを用いて第1の基板上に描かれて いるパターンを第二の基板上に縮小転写させる結像光学系において、光源であるレーザプラズマX線源のターゲットを1種類以上の金属を含む複数の元素からなる材料 にすることで、発生する飛散粒子の量を低減することで 解決される。

【0015】

【発明の実施の形態】本発明の第1の実施例を図1に示す。レーザプラズマX線源のテープ状ターゲット11(厚さ $10\mu\text{m}$)に対して、YAGレーザ(パワー1.5J, 繰返し周波数50Hz, パルス幅8ns, 波長900nm)の基本波12を、ターゲット11上でのスポットサイズが直径 $100\mu\text{m}$ (10^{12}W/cm^2)になるよう に集光し、ターゲット表面の法線から 45° の角度で入射した。

【0016】ターゲットにSn(融点230°C)を用いた場合、発生するX線(波長13nmにおける2%バンド幅内)の変換効率は1%であった。そしてターゲットの法線から 45° の角度、プラズマから100mmの位置にSiウェハ13を置いて、X線14と共に発生する飛散粒子15の量を計測する。図1に配置図を示す。ま ず、ターゲットにSnを用いた場合のSiウェハ13上で捕集された飛散粒子量は $100\mu\text{g/cm}^2/1000\text{shots}$ であった。

【0017】次に本発明の実施例として、ターゲット材Snに10%(重量比)のThを固溶したもの(テープ状、厚さ $10\mu\text{m}$)を用いた。ターゲット材の融点は1000°Cに上昇した(Binary alloy phase diagram Vo 1.2, p 2076, American Society for Metals)。Snターゲットの場合と同様の方法を用いて飛散粒子量を測定した。

【0018】この結果、Siウェハ13上での飛散粒子量は $10\mu\text{g/cm}^2/1000\text{shots}$ で、ターゲットがSnの場合の10%に減少した。そのためターゲットの下流に設置された光学素子の交換時間が従来の10倍になり、レーザプラズマX線発生装置のランニングコストは半分になった。発生するX線の変換効率(波長13nmにおける2%バンド幅内)に変化は見られなかった。

【0019】全く同様の方法で、ターゲット材としてFeとSUS304(Fe 74%, Cr 18%, Ni 8%)を用いた場合の飛散粒子量を測定した。ターゲットの形状はテープ状で厚さは $10\mu\text{m}$ である。ターゲットにFe(融点1535°C)を用いた場合、発生するX線(波長13nmにおける2%バンド幅内)の変換効率は0.6%で、かつSiウェハ13上で捕集された飛散粒子量は $30\mu\text{g/cm}^2/1000\text{shots}$ であった。次にターゲット材としてSUS304(融点1500°C)を用いた場合、Siウェハ13上の飛散粒子量は $35\mu\text{g/cm}^2/1000\text{shots}$ で、ターゲットがFeの場合と比べわずかに飛散粒子量が増加した。発生するX線の変換効率(波長

13nmにおける2%バンド幅内)に関しては、差異は見られなかった。

【0020】次に本発明の第二の実施例を示す。第1の実施例と全く同様の方法で、レーザプラズマX線源から発生するクラスタやdropletsの数を計測した。ターゲット材にSn-10%Th合金を用いた場合のクラスタやdropletsの数は、ターゲット材にSnを用いた場合の10%に減少した。そこでこのクラスタやdroplets発生数の少ないターゲット材を用いてX線縮小露光によるパターン転写を行った。

【0021】図2にその光学系の概要を示す。レーザプラズマX線源(YAGレーザの基本波:パワー1.5J, 繰返し周波数50Hz, パルス幅8ns, 波長900nm)から発生したX線22を照明ミラー23を介して、反射型マスク24に照明し、結像光学系25を介してマスク24上の回路パターンをウエハ26上に縮小転写する。

【0022】レーザプラズマX線源のターゲット材を従来のSnからSn-10%Th合金に変更することによって、照明ミラー23を交換した直後からX線を100時間発生した後のマスク上での照明むらが従来の場合の20%に減少した。そのためX線発生1000時間後の $0.1\mu\text{m}$ ラインアンドスペース(L&S)レジストパターンの寸法精度は、8%から5%に向上した。

【0023】次にターゲット材としてSn-20%Th合金を用いた場合のクラスタやdropletsの数は、ターゲット材にSnを用いた場合の5%に減少した。ただし、Thの比率がSn-10%Th合金の場合以上に増えているために、発生するX線の変換効率(波長13nmにおける2%バンド幅内)が0.9%に減少してしまい、本実施例に記述している露光方法のスループットが5%低下した。

【0024】次に本発明の第3の実施例として、半導体デバイスを製造した例を図3に示す。N~基板30に通常の方法でPウェル層31, P層32, フィールド酸化膜33, poly-Si/SiO₂ゲート34, P高濃度拡散層35, N高濃度拡散層36などを形成した(図3(a))。次に通常の方法でBPSG等の絶縁膜37を形成した(図3(b))。その上にレジスト40を塗布した後、本発明による第1の実施例で示した露光方法を用いてホールパターンを形成した(図3(c))。次にこのレジストをマスクとして絶縁膜37をドライエッチングし、コンタクトホールを形成した。そして通常の方法によりW/Ti電極配線38を形成した後、層間絶縁膜39をCVDにより成膜した(図3(d))。

【0025】以降の工程は通常と同様の方法で形成した。なお本実施例では主な製造工程のみを説明したが、コンタクトホール形成のリソグラフィ工程で本発明の第1, 3の実施例を用いたこと以外は従来と同じ工程を用いた。以上の工程によりCMOS-LSIを低成本、高歩

留まりで作製することができた。

【0026】次に本発明の第4の実施例を示す。レーザプラズマX線源のターゲットとして、テープ状の基板(PETフィルム：厚さ50μm)上にプラズマ化する物質の薄膜(厚さ10μm)を蒸着等の手段を用いて形成したものを用いる。引っ搔き法によって付着力を計測したところ、Sn薄膜の付着力が2gであったのに対し、Sn-10%Th薄膜が4gであった。合金化によって結晶粒径が小さくなつたことがその原因と考えられる。この結果に基づいて、レーザプラズマX線源のターゲットとして従来のSnに代えてSn-10%Th薄膜を用いることによって、テープターゲットの製造歩留まりが向上し、レーザプラズマX線源のランニングコストを従来の80%に低減できた。

【0027】上記の説明では、SnターゲットにThを10%加えることで、特定の波長付近でのスペクトルの強度を低下させずに飛散粒子等を低減させることができたが、本発明がこれらに限定されることは言うまでもない。例えばSbにSiを10%程度、またPbにUを10%程度加えた場合であっても、上記実施例と同様の効果がある。

【0028】またAu, Ta, W, Fe, Y, Ti, Sc, Cu, Si, Mo, Al, Nb, C, Sm, Gd, Tb, Nd, Se, Ge, Mg, Sr, Zr, Pd, Ag, Cd, Zn, Ni, Co, Cr等の純物質(ここで言う純物質とは不純物の含有率が0.1%以下を指す)をターゲット材に用いている場合に対しても、ある特定の元素を特定の量だけ加えることでターゲット材の融点を上昇させることによって、上記実施例と同様の効果が得られる。またターゲット材に含まれる元素が3種類以上の場合であっても、同様の効果が期待できる。また、発生させるX線の波長領域やターゲットの形状に限定されることは言うまでもない。

【0029】なお本発明は、マスクパターンの像をMo/Si多層膜からなる反射光学系を介してウエハ上に縮

小転写する場合に限定されず、レーザプラズマX線源を用いた他の応用分野、例えばX線顕微鏡、X線望遠鏡、X線マイクロビーム形成装置等にも適用可能なことは言うまでもない。また露光波長は13nmに限定されず、X線領域、極紫外領域、真空紫外領域の任意の波長に適用できることも言うまでもない。

【0030】

【発明の効果】以上詳述したように、第1の基板上に描かれているパターンを結像光学系を用いて第二の基板上に縮小転写する微細パターン転写方法において、線源であるレーザプラズマX線源のターゲット材料を合金化し、光学素子への飛散粒子の付着量を減少させることでX線縮小露光装置のメンテナンス時間が低減され、LSIを高スループットで製造することが可能になった。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例におけるレーザプラズマX線源の飛散粒子量の測定方法を示す説明図。

【図2】本発明の第二の実施例のX線投影露光方法を示す説明図。

【図3】本発明の第3の実施例を用いて作製されたデバイスの加工工程を示す断面図。

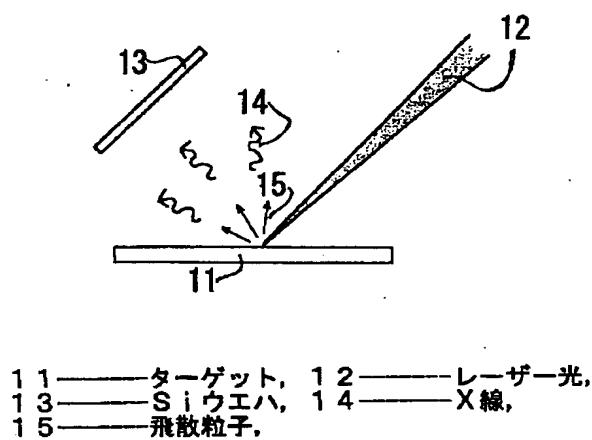
【図4】従来のX線投影露光方法の説明図。

【符号の説明】

11…ターゲット、12…レーザ光、13…Siウェハ、14…X線、15…飛散粒子、21…レーザプラズマX線源、22…X線、23…照明ミラー、24…反射型マスク、25…縮小光学系、26…基板、30…N⁺基板、31…Pウェル層、32…P層、33…フィールド酸化膜、34…poly-Si/SiO₂ゲート、35…P高濃度拡散層、36…N高濃度拡散層、37…絶縁膜、38…W/Ti電極配線、39…層間絶縁膜、40…レジスト、41…レーザプラズマX線源、42…反射型マスク、43…凸球面鏡、44…凹球面鏡、45…基板、46…X線、47…照明ミラー。

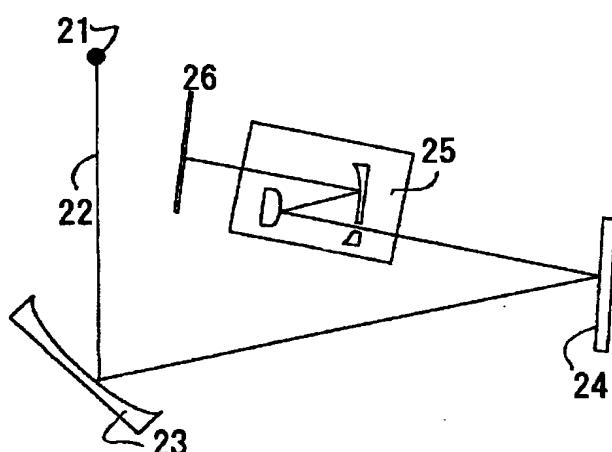
【図1】

図1



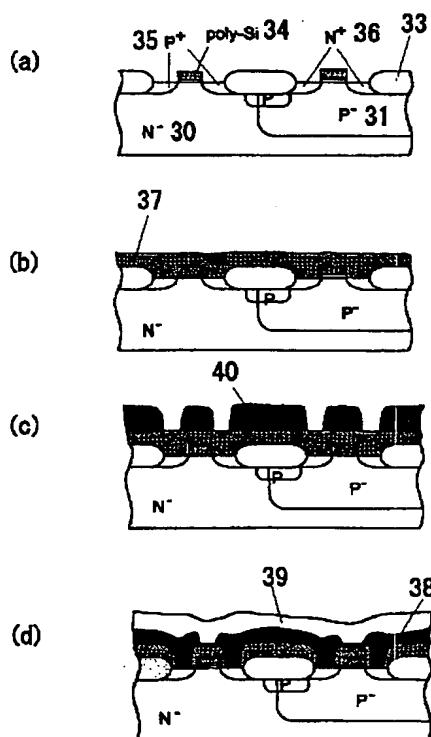
【図2】

図2



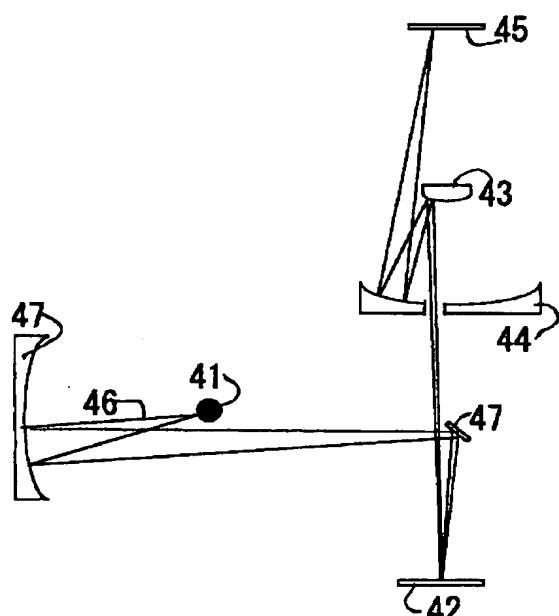
【図3】

図3



【図4】

図4



フロントページの続き

(72)発明者 小川 太郎
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 濱谷 英一
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内